

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/001597

International filing date: 17 February 2005 (17.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 008 326.6
Filing date: 20 February 2004 (20.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 09 March 2005 (09.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/EP200 5/ 0 0 1 5 9 7

24.02.05



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

10 2004 008 326.6

Anmeldetag:

20. Februar 2004

Anmelder/Inhaber:

Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena/DE

Bezeichnung:

Lichtschutzverschluss und Verfahren zu dessen
Steuerung

IPC:

g 02 b 26/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Februar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Remus

Lichtschutzverschluss und Verfahren zu dessen Steuerung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen motorbetriebenen Lichtverschluss zum Öffnen und Verschließen des Beleuchtungsstrahlenganges optischer Geräte.

Nach dem bekannten Stand der Technik gibt es in der Optik und speziell in der Mikroskopie eine Vielzahl von Varianten zum Öffnen und Schließen optischer Strahlengänge, bei denen ein Verschlusselement in den Strahlengang geschoben, geschwenkt, geklappt o. ä. wird. Die Verschlusselemente werden dabei mit unterschiedlichen Antrieben bewegt. Am häufigsten werden Zug- und Drehmagnete oder Motoren mit Endlagen verwendet.

Bei den sogenannten Verschiebesystemen wird das Verschlusselement direkt in den Strahlengang geschoben. Der Antrieb erfolgt meist über Zugmagneten.

Bei den Schwenksystemen wird das Verschlusselement in den Strahlengang gedreht. Der Drehpunkt ist gleichzeitig der Angriffspunkt des rotatorischen Antriebes. Hierbei kommen in der Regel Drehmagneten oder Motoren zum Einsatz.

Eine weitere Lösungsvariante stellen Klappsysteme dar. Bei diesen Lösungen wird das Verschlusselement in den Strahlengang geklappt. Dabei dreht sich das Verschlusselement um einen Fixpunkt. Der Antrieb erfolgt meist über Zugmagneten. Die longitudinale Bewegung des Zugmagneten wird hierbei in eine Drehbewegung umgewandelt.

In DE 100 29 444 A1 wird eine Lösung beschrieben, vorzugsweise für Laser-Scanning-Mikroskope, bei der die Verschlusssteile magnetisch angetrieben werden. Die Vorrichtung verfügt zusätzlich über Einrichtungen um die Funktion der Unterbrechungseinrichtung zu überwachen, um die Sicherheit bei der Verwendung von Lasern gewährleisten zu können.

Das Patent EP 0 482 340 A1 beschreibt eine Lösung, bei der ein Verschlusssteil in Form einer Scheibe mit Öffnungen direkt motorisch bewegt wird und dadurch den Strahlengang öffnet bzw. schließt. Das Verschlusssteil wird hierbei ähnlich einem Filtrerrad mit Hilfe eines Schrittmotors bewegt.

In den Schriften US 6,046,836 A1; US 6,215,575 B1 und US 6,466,353 B2 wird ein Lichtmodulator beschrieben der für schwingenden Betrieb vorgesehen ist und bei dem der Lichtverschluss von einem Schrittmotor betätigt wird. Mit dieser Anordnung ist zwar ein statischer Betrieb realisierbar, jedoch kann der Spulenstrom dabei nicht ohne größeren Aufwand für eine entsprechende Steuerung abgesenkt werden, so dass die Verlustleistung und somit auch die Erwärmung des Motors relativ hoch wird. Die Anordnung besitzt weiterhin den Nachteil, dass der Verdrehwinkel nur einen Vollschriff eines Schrittmotors entspricht. Um eine Apertur von ca. 1cm Durchmesser abzudecken ist entweder ein sehr großer Vollschriff erforderlich, der ein geringes Drehmoment des Schrittmotors zur Folge hat. Oder der Schrittmotor ist entsprechend weit von der zu verschließenden Apertur zu entfernen, um den erforderlichen Schaltweg realisieren zu können. Der Platzbedarf für die Gesamtbaugruppe würde dann aber enorm steigen.

In der US 5,739,942 wird ein mikrokeramischer optischer Shutter beschrieben, der aus einer Lichtverschlussklappe mit einem Permanentmagneten und einem einphasigen Stator besteht. In Abhängigkeit von der Stromrichtung kann die Lichtverschlussklappe geöffnet und geschlossen werden. Diese Lösung hat die Nachteile, dass ein relativ hoher einmaliger Aufwand zur Herstellung der Sinterformen für die Keramik und Formteile für den Permanentmagneten notwendig sind. Das Drehmoment ist durch die niedrige Zahl von nur zwei Polen relativ gering. Ein weiterer Nachteil ist die schlechte Ausnutzung des magnetischen Luftspaltfeldes durch die relativ geringe Umschließungsfläche der Statorpole um den permanentmagnetischen Läufer. Die fest in die Keramikform implementierten Begrenzungsstifte begrenzen die Bewegung der Lichtverschlussklappe. Dabei ist der Bewegungsbereich deutlich geringer als

ein Vollschrift, wenn eine magnetisch stabile Position hier als Vollschrift betrachtet wird.

Magnetantriebe haben die Nachteile, dass diese meist eine große Baugröße aufweisen, um die erforderlichen Kräfte realisieren zu können. Zum anderen sind oft zusätzliche Rückholfedern erforderlich. Um eine entsprechende Stellung zu halten ist die Anordnung in der Regel ständig mit Strom zu beaufschlagen, wodurch eine hohe Verlustleistung (Wärme) entsteht. Außerdem sind mit Magnetantrieben kleine Vollschriftwinkel kaum realisierbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Lichtverschluss für optische Geräte zu entwickeln, für dessen Antrieb ein handelsüblicher Schrittmotor verwendbar ist, wobei der Schrittmotor ohne eine aufwendige Steuerung betrieben werden soll.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Der Lichtverschluss für den Strahlengang optischer Geräte besteht dabei aus einer, mit einer Blendenöffnung versehenen Befestigungseinheit, einem an dieser montierten Schrittmotor und einem mit der Motorwelle des Schrittmotors verbundenen Verschlusselement zum Öffnen und Verschließen der Blendenöffnung. Vorzugsweise wird ein zweiphasiger Schrittmotor mit einem großen Vollschriftwinkel verwendet, der die erforderliche Bewegung des Verschlusselementes in einem geringen Abstand von der Motorwelle realisiert. Die Bewegung des auf der Motorwelle befestigten Verschlusselementes erfolgt, indem von einer Steuereinheit die Drehung des elektromagnetischen Feldes im Stator des Schrittmotors von 180° und dadurch eine entsprechende Drehung der Motorwelle von n Vollschriften realisiert wird.

Die vorliegende technische Lösung stellt eine preisgünstige Lösung zum Öffnen und Verschließen von Strahlengängen optischer Geräte dar. Der Antrieb des beispielsweise in Form eines Kreissegmentes ausgeführten Schwenkelementes, erfolgt durch einen handelsüblichen Schrittmotor.

Es ist vorgesehen einen Schrittmotor mit einem relativ großen Vollschrtrittwinkel zu verwenden, da derartige Schrittmotoren u. a. in Druckern und Scannern bereits Verwendung finden, ohne weiteres verfügbar und deshalb äußerst kostengünstig sind.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispieles beschrieben. Dazu zeigen:

Figur 1: die Anordnung eines Lichtverschlusses im Strahlengang eines Mikroskops,

Figur 2: die statische Drehmomentenkurve eines Schrittmotors vom Typ 15 M 20 S 13,

Figur 3a: die Momentenvektordiagramme eines Ansteuerzyklusses und

Figur 3b: die Momentenvektordiagramme eines Ansteuerzyklusses mit mechanischer Begrenzung durch Anschlagstifte.

Figur 1 zeigt die Anordnung des erfindungsgemäßen Lichtverschlusses im Strahlengang eines Mikroskops. Der vorgeschlagene Lichtverschluss für den Beleuchtungsstrahlengang **1** optischer Geräte, besteht aus einer, mit einer Blendenöffnung versehenen Befestigungseinheit **2**, einem an dieser montierten Schrittmotor **3** und einem mit der Motorwelle des Schrittmotors verbundenen Verschlusselement **4** zum Öffnen und Verschließen der Blendenöffnung. Vorzugsweise wird ein zweiphasiger Schrittmotor **3** mit einem großen Vollschrtrittwinkel verwendet, der mit einer (nicht dargestellten) Steuereinheit

verbunden ist und der die erforderliche Bewegung des Verschlusselementes **4** in einem geringen Abstand von der Motorwelle realisiert. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines zweiphasigen Schrittmotors **3** mit klauenpolförmiger Rotor- und Statorausführung. Die Bewegung des Verschlusselementes **4** kann dabei durch einen Anschlagstift **5** in jeder der beiden Endstellungen, auf einen Bewegungsbereich kleiner als n Vollschrötte begrenzt wird.

Wird die in der Befestigungseinheit **2** vorhandene Blendenöffnung nicht vom Verschlusselement **4** abgedeckt, gelangt das Beleuchtungslicht über den Beleuchtungsstrahlengang **1** in die Objektebene **8**. Ein in der Objektebene **8** angeordnetes Objekt kann dann über den Beobachtungsstrahlengang **7** des Mikroskops betrachtet werden.

Es ist vorteilhaft zusätzlich einen Endlagensensor **6** vorzusehen, der an der Befestigungseinheit **2** befestigt ist und die Lage des Verschlusselementes **4** ermittelt.

Bei dem Verfahren zur Steuerung des Lichtverschlusses erfolgt die Bewegung des auf der Motorwelle befestigten Verschlusselementes **4**, indem von der Steuereinheit die Drehung des elektromagnetischen Feldes im Stator des Schrittmotors **3** von 180° und dadurch eine entsprechende Drehung der Motorwelle von n Vollschröten, vorzugsweise 2 Vollschrötte realisiert wird. Dazu wird von der Steuereinheit eine Stromrichtungsumkehrung in beiden Wicklungen des zweiphasigen Schrittmotors **3** realisiert.

Die Bestromung von einer oder gleichzeitig von zwei Wicklungen eines zweiphasigen Schrittmotors, hängt von dessen statischen Momentenkurve ab. In der beschriebenen Ausführung wurde ein Schrittmotor des amerikanischen Herstellers DANAHER MOTION (www.danahermotion.com), der Schrittmotoren unter dem Warenzeichen „THOMSON“ vertreibt, eingesetzt. **Figur 2** zeigt hierzu die statische Drehmomentenkurve eines Schrittmotors vom Typ 15 M 20 S 13 mit folgenden technischen Daten:

Typ	15M020S1B
Vollschrittwinkel	18
Haltemoment	3,88 mNm
Wicklungswiderstand	40 Ohm
Nennstrom	125 mA
Nennspannung	5V

Bei einfachen Schrittmotoren mit klauenpolförmigen Läufer- und Ständerausführungen ist es meist günstiger gleichzeitig zwei Wicklungen zu bestromen, um steilere Drehmomentenkurven zu erhalten.

Nach **Figur 2** stellt sich ein stabiler Arbeitspunkt (Nulldurchgang mit positivem Anstieg) bei einem Rotorwinkel von 0° ein. Bei Stromrichtungsumkehrung in beiden Wicklungen klappt die Momentenkennlinie an der Horizontalachse um und es entsteht ein stabiler Arbeitspunkt bei einer Rotorwinkelverdrehung bei 36° . Erfolgt nunmehr eine alternierende Stromrichtungsumkehrung in beiden Wicklungen so bewegt sich der Läufer des Schrittmotors um jeweils 36° hin und zurück, was zwei Vollschritten mit einem Winkel von 18° entspricht.

Um zu verhindern, dass der Rotor in die Gegenrichtung dreht, muss eine gerichtete Drehrichtung erzwungen werden.

Zur gezielten gerichteten Bewegung des Verschlusselementes **4** wird von der Steuereinheit eine zeitlich verzögerte Stromrichtungsumkehrung in den einzelnen Wicklungen des Schrittmotors **3** realisiert.

Die Momentenvektoren nach **Figur 3a** zeigen die Bewegungszustände des Magnetfeldes im Stator für einen Zyklus im Halbschrittbetrieb. Für den Schrittmotor vom Typ 15 M 20 S 13 wird nur zwischen den Zuständen 2 und 6 des Momentenvektordiagramms gesprungen. Dazu wird die Stromrichtung in beiden Wicklungen gleichzeitig umgepolt. Der Rotor dieses Schrittmotors mit

einem Vollschrittwinkel von 18° bewegt sich dabei um genau zwei Vollschritten, was einem Bewegungsbereich von 36° entspricht.

Bei einer gleichzeitigen Stromrichtungsumkehrung ist es dabei zufällig, ob der Rotor aus der Position 2 rechts herum (2-3-4-5-6) oder links herum (2-1-8-7-6) in die Position 6 dreht. Aus **Figur 3a** ist ersichtlich, dass durch einen zeitlichen Ablauf der Stromrichtungsumkehrung eine erzwungene Bewegung über die Zustände 2-3-4-5-6 erfolgen kann. Die Stromrichtungsumkehrung an der Wicklung 2 muss dabei zeitlich verzögert erfolgen. Für eine erzwungene Bewegung in umgekehrter Richtung über die Zustände 6-5-4-3-2 muss die Stromrichtungsumkehrung an der Wicklung 1 zeitlich verzögert erfolgen.

Eine gezielte gerichtete Bewegung des Verschlusselementes **4** kann aber auch erreicht werden, wenn die mechanische Drehung des Rotors durch Anschlagstifte auf einen Bewegungsbereich kleiner als n , vorzugsweise 2, Vollschrritte begrenzt ist und von der Steuereinheit eine gleichzeitige Stromrichtungsumkehrung in den einzelnen Wicklungen des Schrittmotors **3** erfolgt.

Durch die Verwendung von mechanischen Anschlagstifte **5** vereinfacht sich die Steuerung des Verschlusselementes **4** erheblich, da eine zeitliche verzögerte Stromrichtungsumkehrung in den einzelnen Wicklungen des Schrittmotors **3** entfallen kann. **Figur 3b** zeigt die Momentenvektordiagramme eines Ansteuerzyklusses mit mechanischer Begrenzung durch Anschlagstifte **5** in den Stellungen 2a und 6a.

Der Lichtverschluss kann direkt auf die Motorwelle befestigt werden, und wird durch mechanische Anschlagstifte **5** in der Bewegung begrenzt. Der Bewegungsbereich muss dabei etwas geringer als der doppelte Vollschrittwinkel sein, damit eine gerichtete Schaltbewegung gewährleistet wird. Der Lichtverschluss wird so auf die Motorwelle befestigt, dass er im bestromten Wicklungszustand jeweils an den mechanischen Anschlagstiften anliegt. Der

durch die Stifte begrenzte Bewegungsbereich ist geringfügig kleiner als der doppelte Vollschriff, wodurch ein Drehmoment in der jeweiligen Stellung des Lichtverschlusses erzeugt wird, das den Lichtverschluss an die mechanischen Anschlagstifte drückt. Dadurch wird eine sehr genaue Positionierung des Lichtverschlusses erreicht. Die Bewegung des Rotors eines Schrittmotors gegen einen mechanischen Anschlag bewirkt im Gegensatz zu einem Gleichstrommotor keine Verlustleistungserhöhung des Motors.

Für das Halten an den mechanischen Anschlägen ist nicht mehr der Nennstrom des Schrittmotors notwendig, für diesen Zeitabschnitt kann der Strom auf einen erforderlichen Mindestwert abgesenkt werden. Einige Schrittmotoren besitzen auf Grund der Polform von Rotor und Stator ein Selbsthaltungsmoment durch den dauermagnetischen Rotor, das ausreichen kann um die Positionen an den mechanischen Anschlägen zu halten. In diesen Fällen ist es sogar möglich die Wicklungsströme der einzelnen Wicklungen des Schrittmotors jeweils nach dem Erreichen der Endstellung des Verschlusselementes abzuschalten.

Aus Gründen der Sicherheit ist bei der Inbetriebnahme des optischen Gerätes, beispielsweise durch Auswertung des Signals des Endlagensensors, sicherzustellen, dass die Blendenöffnung vom Verschlusselement verschlossen ist. Dies kann aber auch dadurch erreicht werden, dass die Wicklungen des Schrittmotors bei der Inbetriebnahme des optischen Gerätes mit einer vorbestimmten Stromrichtung beaufschlagt werden.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird ein sehr kostengünstiger und einfacher Lichtverschluss für den Strahlengang optischer Geräte zur Verfügung gestellt. Die zum Einsatz kommenden handelsüblichen Schrittmotoren besitzen höhere Polzahlen und ein vollständig umschlossenes magnetisches Luftspaltfeld und ermöglichen kurze Verschluss- und Öffnungszeiten des Lichtverschlusses. Der in der Regel vorhandene Nachteil einer relativ aufwendigen Ansteuerung konnte bei den verwendeten Schrittmotoren durch ein einfaches Steuerverfahren behoben werden.

Patentansprüche

1. Lichtverschluss für den Strahlengang optischer Geräte, bestehend aus einer, mit einer Blendenöffnung versehenen Befestigungseinheit (2), einem an dieser montierten Schrittmotor (3) und einem mit der Motorwelle des Schrittmotors verbundenen Verschlusselement (4) zum Öffnen und Verschließen der Blendenöffnung, bei dem vorzugsweise ein zweiphasiger Schrittmotor (3) mit einem großen Vollschrittelwinkel verwendet wird, der mit einer Steuereinheit verbunden ist und der die erforderliche Bewegung des Verschlusselementes (4) in einem geringen Abstand von der Motorwelle realisiert.
2. Lichtverschluss nach Anspruch 1, bei dem ein zweiphasiger Schrittmotor (3) mit klauenpolförmiger Rotor- und Statorausführung verwendet wird.
3. Lichtverschluss nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem die Bewegung des Verschlusselementes (4), durch je einen Anschlagstift (5) in den beiden Endstellungen auf einen Bewegungsbereich kleiner als n Vollschrittel begrenzt wird.
4. Lichtverschluss nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem zusätzlich ein Endlagensensor (6) vorgesehen ist, der an der Befestigungseinheit (2) befestigt ist und die Lage des Verschlusselementes (4) ermittelt.
5. Verfahren zur Steuerung des Lichtverschlusses, bei dem die Bewegung des auf der Motorwelle befestigten Verschlusselementes (4) erfolgt, indem von der Steuereinheit die Drehung des elektromagnetischen Feldes im Stator des Schrittmotors (3) von 180° und dadurch eine entsprechende Drehung der Motorwelle von n Vollschritten realisiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem zur Bewegung des auf der Motorwelle befestigten Verschlusselementes (4) von der Steuereinheit eine Stromrichtungsumkehrung in beiden Wicklungen des Schrittmotors (3) realisiert wird.
7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 6, bei dem zur gerichteten Bewegung des Verschlusselementes (4) von der Steuereinheit eine zeitlich verzögerte Stromrichtungsumkehrung in den einzelnen Wicklungen des Schrittmotors (3) erfolgt.
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem zur gerichteten Bewegung des Verschlusselementes (4) von der Steuereinheit eine gleichzeitige Stromrichtungsumkehrung in den einzelnen Wicklungen des Schrittmotors (3) erfolgt, wenn die mechanische Drehung des Rotors durch Anschlagstifte (5) auf einen Bewegungsbereich kleiner als n Vollschrte begrenzt wird.
9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem die Wicklungsströme der einzelnen Wicklungen des Schrittmotors (3) jeweils nach dem Erreichen der Endstellung des Verschlusselementes (4) reduziert werden, wobei die Endstellung nach n Vollschrten oder dem Berühren eines der Anschlagstifte (5) erreicht ist.
10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 9, bei dem die Wicklungsströme der einzelnen Wicklungen des Schrittmotors (3) jeweils nach dem Erreichen der Endstellung des Verschlusselementes (4) abgeschaltet werden, wenn das Selbsthaltemoment des Schrittmotors (3) groß genug ist, um das Verschlusselement (4) in der jeweiligen Endstellung zu halten.
11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 10, bei dem bei der Inbetriebnahme des optischen Gerätes durch Auswertung des Signals des

Endlagensensors (6) sichergestellt wird, dass die Blendenöffnung vom Verschlusselement (4) verschlossen ist.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 5 bis 10, bei dem bei der Inbetriebnahme des optischen Gerätes die Wicklungen des Schrittmotors (3) mit einer vorbestimmten Stromrichtung beaufschlagt werden, um sicher zu stellen, dass die Blendenöffnung vom Verschlusselement (4) verschlossen ist.

Zusammenfassung

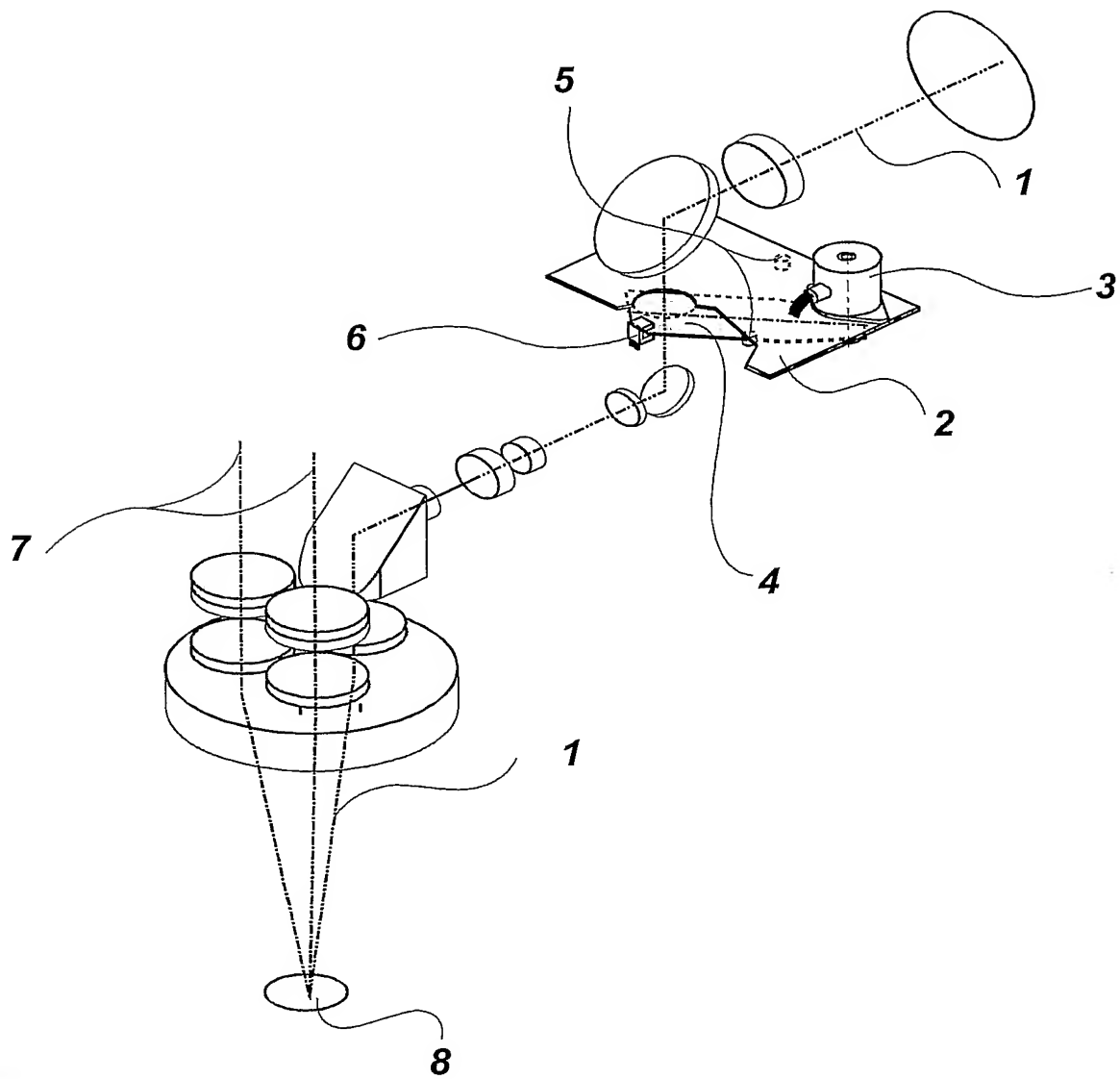
Lichtverschluss und Verfahren zu dessen Steuerung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen motorbetriebenen Lichtverschluss zum Öffnen und Verschließen des Beleuchtungsstrahlenganges optischer Geräte.

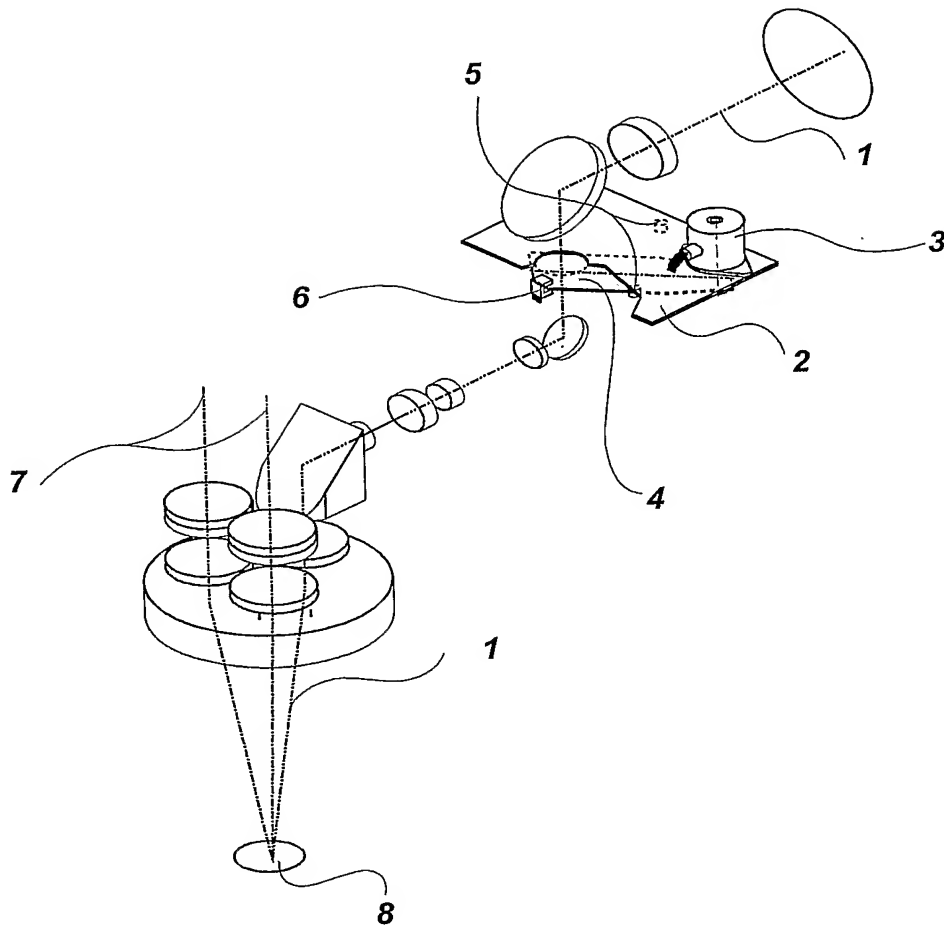
Der erfindungsgemäße Lichtverschluss für den Beleuchtungsstrahlengang 1 optischer Geräte besteht aus einer, mit einer Blendenöffnung versehenen Befestigungseinheit 2, einem an dieser montierten Schrittmotor 3 und einem mit der Motorwelle des Schrittmotors 3 verbundenen Verschlusselement 4 zum Öffnen und Verschließen der Blendenöffnung. Vorzugsweise wird ein zweiphasiger Schrittmotor 3 mit einem großen Vollschrirrwinkel verwendet, der mit einer Steuereinheit verbunden ist und der die erforderliche Bewegung des Verschlusselementes 4 in einem geringen Abstand von der Motorwelle realisiert.

Mit der Lösung wird ein sehr kostengünstiger und einfacher Lichtverschluss für optische Geräte zur Verfügung gestellt. Die zum Einsatz kommenden handelsüblichen Schrittmotoren besitzen höhere Polzahlen, ein vollständig umschlossenes magnetisches Luftspaltfeld und ermöglichen kurze Verschluss- und Öffnungszeiten des Lichtverschlusses. Der in der Regel vorhandene Nachteil einer relativ aufwendigen Ansteuerung konnte bei den verwendeten Schrittmotoren durch ein einfaches Steuerverfahren behoben werden

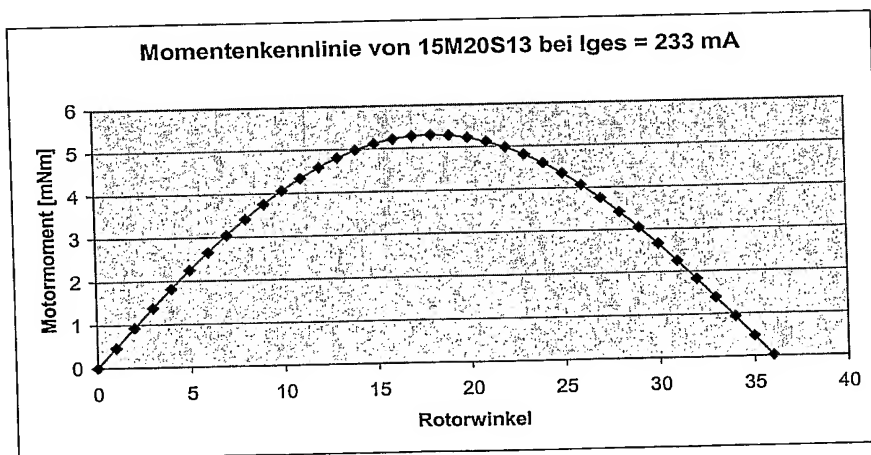
Figur 1



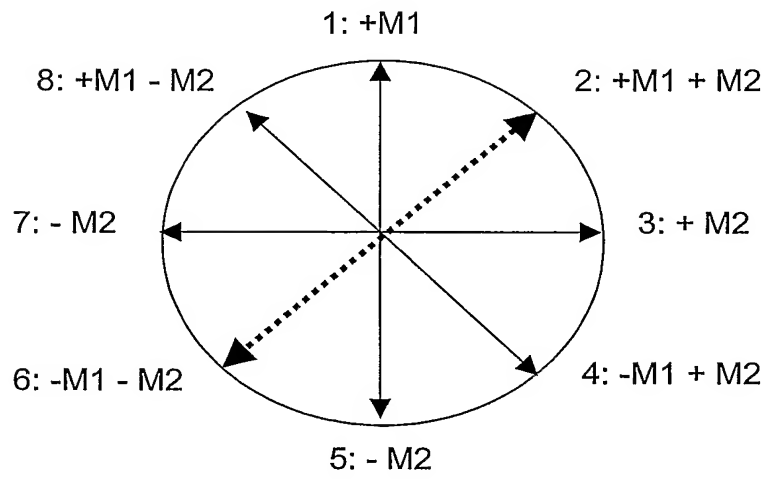
Figur 1



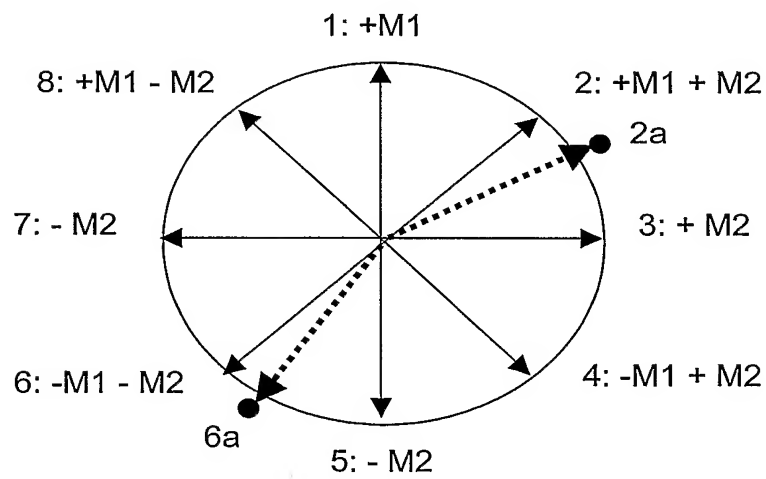
Figur 1



Figur 2



Figur 3a



Figur 3b